

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11029836  
PUBLICATION DATE : 02-02-99

APPLICATION DATE : 03-07-97  
APPLICATION NUMBER : 09178527

APPLICANT : KAWASAKI STEEL CORP;

INVENTOR : AMANO KENICHI;

INT.CL. : C22C 38/00 C21D 6/00 C21D 9/28 C22C 38/06 C22C 38/58

TITLE : STEEL FOR MACHINE STRUCTURAL USE FOR INDUCTION HARDENING

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a steel excellent in quenching crack resistance as well as in torsional strength and torsional fatigue strength after induction hardening and tempering by preparing a steel having a specific composition increased in Al content.

SOLUTION: A steel, having a composition consisting of, by weight, 0.45-0.70% C, 0.01-0.40% Si, 0.2-2.5% Mn, <0.020% P, <0.06% S, >0.05-0.25% Al, 0.0020-0.025% N, ≤0.0020% O, 0.0003-0.0060% B, and the balance Fe with inevitable impurities, is prepared. If necessary, 0.005-0.05% Ti can be incorporated. Further, one or 22 kinds among 0.05-1.0% Mo, 0.01-1.0% Cr, ≤1.0% Cu, and 0.1-3.5% Ni can be incorporated. By increasing Al content as mentioned above, austenite grains can be refined at the time of induction hardening heating and the structure of a hardened layer can be refined.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-29836

(43)公開日 平成11年(1999) 2月2日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00 3 0 1 A
C 2 1 D 6/00		C 2 1 D 6/00 D
9/28		9/28 A
C 2 2 C 38/06		C 2 2 C 38/06
38/58		38/58
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)		

(21)出願番号	特願平9-178527	(71)出願人	000001258 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号
(22)出願日	平成9年(1997)7月3日	(72)発明者	大森 靖浩 岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内
(31)優先権主張番号	特願平9-121846	(72)発明者	星野 俊幸 岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内
(32)優先日	平9(1997)5月13日	(72)発明者	天野 虔一 岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内
(33)優先権主張国	日本 (J P)	(74)代理人	弁理士 小林 英一

(54)【発明の名称】 高周波焼入れ用機械構造用鋼

## (57)【要約】

【課題】 高周波焼入れ焼戻し後のねじり強度、ねじり疲労強度および耐焼割れ性に優れた機械構造用鋼を提案する。

【解決手段】 重量%で、C、Si、Mn、P、S、N、Oを特定量に規制しAl:0.05超~0.25%、B:0.0003~0.0060%を含有させる。さらにTi:0.005~0.05%を含有してもよく、および/またはさらに、Mo:0.05~1.0%、Cr:0.01~1.0%、Cu:1.0%以下、Ni:0.1~3.5%のうちから選ばれた1種または2種以上を含有してもよく、および/またはさらに重量%で、V:0.05~0.5%、Nb:0.01~0.05%のうちから選ばれた1種または2種を含有してもよい。Ms値=538-317(%C)-11(%Si)-33(%Mn)-28(%Cr)-11(%Mo)-17(%Ni)-11(%Cu)+6(%V)+10(%Al)が315以上とするのが耐焼割れ性の点から好ましい。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、

C: 0.45~0.70%、

Si: 0.01~0.40%、

Mn: 0.2~2.5%、

P: 0.020%以下、

S: 0.06%以下、

Al: 0.05超~0.25%、

N: 0.0020~0.025%、

O: 0.0020%以下、

B: 0.0003~0.0060%

を含有し、残部Feおよび不可避的不純物よりなることを特徴とする高周波焼入れ焼戻し後のねじり強度、ねじり疲労強度および耐焼割れ性に優れる高周波焼入れ用機械構造用鋼。

【請求項2】 さらに重量%で、Ti: 0.005~0.05%を

$$Ms \text{ 値} = 538 - 317 (\%C) - 11 (\%Si) - 33 (\%Mn) - 28 (\%Cr) - 11 (\%Mo) - 17 (\%Ni) - 11 (\%Cu) + 6 (\%V) + 10 (\%Al) \dots (1)$$

ここに、%C、%Si、%Mn、%Cr、%Mo、%Ni、%Cu、%V、%Al: 各元素の含有量(重量%)

【請求項6】 請求項1ないし5のいずれかに記載の組成の鋼素材を切削加工あるいは冷間加工により所定の形状に加工し高周波焼入れを行ったのち、焼戻し処理として175℃以上の温度で10min以上の加熱を施すことを特徴とする高周波焼入れ焼戻し後のねじり強度、ねじり疲労強度および耐焼割れ性に優れる高周波焼入れ用機械構造用鋼の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、機械構造用鋼に関し、とくに高周波焼入れを施し使用される自動車用ドライブシャフトあるいは等速ジョイント等に適用されて好適な機械構造用鋼に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、環境規制問題から、自動車部材に対し部材の軽量化の要求が強い。軽量化のためには、部材の高強度化が必要であり、この点から自動車の動力伝達系を構成する機械構造用部材(軸部品)ではねじり強度、ねじり疲労強度の向上が要望されている。

【0003】従来から、自動車用ドライブシャフトあるいは等速ジョイント等の軸部品は、熱間圧延棒鋼を熱間鍛造、切削、冷間鍛造等により所定の形状に加工したのち、高周波焼入れ・焼戻し処理を施し、軸部品としての重要な特性であるねじり強度、ねじり疲労強度を確保している。例えば、特開平7-90484号公報には、C: 0.35~0.70%、S: 0.005~0.15%、Al: 0.0005~0.05%、Ti: 0.005~0.05%、B: 0.0005~0.005%、N: 0.002~0.02%と特定量のSi、Mn、を含み、P、Cu、Oを特定量以下に規制し、さらにまたは特定量のCr、Mo、Ni、Nb、V等を含有し特定の式で定義される断面内平均硬さ

含有することを特徴とする請求項1記載の高周波焼入れ用機械構造用鋼。

【請求項3】 さらに重量%で、Mo: 0.05~1.0%、Cr: 0.01~1.0%、Cu: 1.0%以下、Ni: 0.1~3.5%のうちから選ばれた1種または2種以上を含有することを特徴とする請求項1または2記載の高周波焼入れ用機械構造用鋼。

【請求項4】 さらに重量%で、V: 0.05~0.5%、Nb: 0.01~0.05%のうちから選ばれた1種または2種を含有することを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の高周波焼入れ用機械構造用鋼。

【請求項5】 下記(1)式で定義されるMs値が315以上である請求項1ないし4のいずれかに記載の高周波焼入れ用機械構造用鋼。

記

が560以上とする、焼割れを防止し160kgf/mm<sup>2</sup>以上のねじり強度を有する高強度高周波焼入れ軸部品が提案されている。

【0004】また、特開平8-253842号公報には、C: 0.35~0.65%、Si: 0.35~2.5%、Mn: 1.0~1.8%、Mo: 0.05~0.8%、S: 0.01~0.15%、Al: 0.015~0.05%、Ti: 0.005~0.05%、B: 0.0005~0.005%、N: 0.002~0.01%を含み、P、Cu、Oを特定量以下に規制し、さらにまたは特定量のNb、Vの1種または2種、またはさらに特定量のCr、Niの1種または2種を含有し、かつフェライトの組織分率が35%以下で、フェライト結晶粒径が20μm以下とするねじり疲労強度の優れた高周波焼入れ軸部材用鋼材が提案されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平7-90484号公報に記載された技術では、焼割れと静的ねじり強度については言及されているものの、ねじり疲労強度については全く配慮されていない。また、特開平8-253842号公報に記載された技術では、静的ねじり強度とねじり疲労強度については言及されているが、機械構造用部材として重要な高周波焼入れ時の耐焼割れ性については配慮が不足している。本発明者らの検討によれば、特開平8-253842号公報に記載された鋼材では、焼割れに対する配慮がなされていないため、高周波焼入れ・焼戻し後の有効硬化層深さ(JIS G 0559参照)が5mm超えると多数の焼割れが発生し、また有効硬化層深さが5mm程度でも焼割れの発生が避けられないという問題が残されていた。

【0006】本発明は、上記した問題を有利に解決し、高周波焼入れ焼戻し後のねじり強度、ねじり疲労強度および耐焼割れ性に優れた高周波焼入れ用機械構造用鋼およびその製造方法を提案することを目的とする。



せ、ねじり強度、ねじり疲労強度を低下させるとともに焼割れを助長する。このようなことから、P含有量は極力低減するのが望ましいが、0.020 %までは許容できるので、0.020 %を上限とした。

【0015】S: 0.06%以下

Sは、鋼中でMnSを形成し、切削性を向上させるが、0.06%を超えて添加すると、粒界に偏析し粒界強度を低下させる。このため、Sは0.06%を上限とした。なお、好ましくは0.01~0.04%である。

Al: 0.05超~0.25%

Alは、本発明で重要な元素であり積極的に添加する。Alは、脱酸素素として低酸素化のために作用するほか、Nと結合してAlNを形成し高周波焼入れ加熱時のオーステナイト粒の成長を抑制することにより、ねじり強度、ねじり疲労強度を向上させる。0.05%以下では、上記した効果が小さく、一方、0.25%を超えて添加しても、効果が飽和するうえ、コストの上昇を招くため、Alは0.05超~0.25%の範囲に限定した。なお、コストの点から、好ましくは0.05~0.10%である。

【0016】N: 0.0020~0.025 %

Nは、Alと結合してAlNを形成し高周波焼入れ加熱時のオーステナイト粒の成長を抑制し、ねじり強度、ねじり疲労強度を向上させる。0.0020%未満では、この効果が認められず、一方、0.025 %を超えて含有すると、熱間変形能を低下させ連続鍛造時に鑄片の表面欠陥を著しく増加させる。このため、Nは0.0020~0.025 %の範囲に限定した。なお、好ましくは0.0030~0.010 %の範囲である。

【0017】O: 0.0020%以下

Oは、硬質の酸化物系非金属介在物として存在するとともに、粒界に偏析し粒界強度を低下させる。さらにO量の増加は酸化物系非金属介在物を粗大化させる。粗大化した酸化物系非金属介在物は、とくにねじり疲労強度を低下させるため、できるだけ低減するのが望ましいが、0.0020%までは許容できる。このようなことから、Oは0.0020%以下に限定した。

【0018】B: 0.0003~0.0060%

Bは、微量の添加量で焼入れ性を向上させる元素であり、高周波焼入れ時の焼入れ深さを増加させる作用を有している。また、Bは粒界に優先的に偏析し、粒界に偏析しやすいPの粒界濃度を低減させ粒界強度を高める作用を有している。焼入れ深さの増加によるねじり強度の増加と、粒界強度の増加によるねじり強度とねじり疲労強度の増加が期待できるため、本発明では積極的に添加する。0.0003%未満ではその効果が少なく、また0.0060%を超えて添加しても、添加量に見合う効果が期待できずコストの上昇を招くため、Bは0.0003~0.0060%の範囲に限定した。

【0019】Ti: 0.005 ~0.05%

Tiは、BよりNと結合しやすく、BがNと結合するのを

防止しBの焼入れ性向上効果を発揮させるために添加することができる。0.005 %未満の添加では、その効果は認められない。一方、TiとNが結合し形成されたTiNは、疲労破壊の起点となりねじり疲労強度を低下させる。0.05%を超えてTiを添加すると、TiNが多量に形成され、ねじり疲労強度が著しく低下する。このため、Tiは0.005 ~0.05%の範囲に限定した。

【0020】Mo: 0.05~1.0 %、Cr: 0.01~1.0 %、Cu: 1.0 %以下、Ni: 0.1 ~3.5 %のうちから選ばれた1種または2種以上

Mo: 0.05~1.0 %

Moは、焼入れ性および焼戻し軟化抵抗を向上させる元素である。鋼材の焼入れ性を調整するために添加することができる。また、Moは粒界に偏析するP等の不純物元素を低減させ、粒界強度を高め、粒界破壊を抑制する作用を有している。Moは、これらの作用によりねじり強度およびねじり疲労強度を向上させる。0.05%未満の添加では、その効果が認められない。一方、1.0 %を超えて添加すると、高周波加熱のような短時間の加熱ではオーステナイト中への溶解が困難な炭化物を形成し、ねじり疲労強度が劣化する。このため、Moは0.05~1.0 %の範囲に限定した。

【0021】Cr: 0.01~1.0 %

Crは、焼入れ性を向上させる元素であり、鋼材の焼入れ性を調整するために添加できる。しかし、Crは高価な元素であり、1.0 %を超えて添加すると経済的に不利となる。

Cu: 1.0 %以下

Cuは、焼入れ性を向上させる元素であり、鋼材の焼入れ性を調整するために添加できる。またCuは、基地中に固溶あるいは析出して鋼の強度を増加させ、ねじり強度を高める。しかし、1.0 %を超えて添加すると熱間加工性が劣化するため、Cuは1.0 %以下に限定した。

【0022】Ni: 0.1 ~3.5 %

Niは、焼入れ性を向上させる元素であり、鋼材の焼入れ性を調整するために添加できる。しかし、0.1 %未満の添加では、期待した効果が認められない。一方、Niは極めて高価な元素であるため、多量添加は経済的に不利となる。このためNiの添加は3.5 %以下に限定した。

【0023】V: 0.05~0.5 %、Nb: 0.01~0.05%のうちから選ばれた1種または2種

V: 0.05~0.5 %

Vは、析出硬化により鋼の強度を増加させ、また焼戻し軟化抵抗を増加させる元素であり、ねじり強度を高める。しかし、0.05%未満の添加では、強度の増加が少なく、一方、0.5 %を超えて添加しても添加量に見合う強度の増加が認められない。このため、Vは0.05~0.5 %の範囲に限定した。

【0024】Nb: 0.01~0.05%

Nbは、析出硬化により鋼の強度を増加させ、また焼戻し

軟化抵抗を増加させる元素であり、ねじり強度を高める。しかし、0.01%未満の添加では、強度の増加が少なく、一方、0.05%を超えて添加しても強度増加が飽和す

$$Ms \text{ 値} = 538 - 317 (\%C) - 11 (\%Si) - 33 (\%Mn) - 28 (\%Cr) - 11 (\%Mo) - 17 (\%Ni) - 11 (\%Cu) + 6 (\%V) + 10 (\%Al) \cdots (1)$$

(ここに、%C、%Si、%Mn、%Cr、%Mo、%Ni、%Cu、%V、%Al：各元素の含有量(重量%))で定義されるMs値が315以上とするのが好ましい。

【0026】Ms値は耐焼割れ性とよい相関を有し、Ms値が315以上であれば、耐焼割れ性が顕著に向上する。また、本発明では、上記したいずれかの組成の鋼素材を切削加工あるいは冷間加工により所定の形状に加工し、高周波焼入れを行ったのち焼戻し処理として175℃以上の温度で10min以上の加熱を施す。

【0027】焼戻しが不十分で、焼入れ硬化層の硬さが高い場合には、ねじり試験で材料が脆性破壊し、ねじり強度が低下する。このようなねじり試験での脆性破壊を防止するためには、175℃以上の温度で10min以上の保持時間の焼戻し処理を行う必要がある。焼戻し処理が175℃未満の温度では、焼入れ硬化層の焼戻しの進行が遅く生産性が劣化する。また、焼戻し処理時間が10min未満では、炭化物の分解が十分に進まないため、焼戻しが不十分となる。

【0028】

【実施例】表1に示す組成の鋼を転炉により溶製し、連続鋳造法で300×400mm断面の鋳片とした。この鋳片をブレード加工で150mm角のピレットとしたのち、

る。このため、Vは0.01～0.05%の範囲に限定した。

【0025】また、本発明では、次(1)式

φ26mmの棒鋼に圧延した。これら棒鋼から、平行部20mmφの切欠き付きねじり試験片(切欠き部の応力集中係数 $\alpha=1.5$ )を採取した。この試験片に周波数15kHzの高周波焼入れ装置を用いて焼入れ処理を施したのち、表2に示す条件で焼戻し処理を行ってねじり強度試験およびねじり疲労試験を実施した。なお、焼入れ深さは、高周波焼入れ装置の出力により調整した。

【0029】ねじり強度試験は、500kgf・mのねじり試験機を用い、最大ねじり剪断応力をもとめ、ねじり強度とした。ねじり疲労試験は、500kgf・mのねじり試験機を用いて、両振りでの応力条件を変えて行い、 $1 \times 10^6$ 回の寿命となる応力を疲労強度として評価した。また、これら棒鋼から、表面に軸方向のV字溝を有する22mmφの丸棒試験片を採取し、焼割れ性試験を実施した。

【0030】焼割れ性試験は、この試験片に周波数15kHzの高周波焼入れ装置を用いて焼入れ処理を施したのち、丸棒試験片の軸方向に垂直な断面(C断面)10箇所について、断面を研磨観察して割れの発生個数を測定した。測定した10箇所の割れ発生個数の合計で耐焼割れ性を評価した。これらの結果を表2に示す。

【0031】

【表1】

鋼 No	化 学 組 成 (wt%)																	備考
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Al	Ti	B	N	O	Ms値	
A	0.55	0.03	0.75	0.014	0.025	0.01	0.02	0.02	0.001	0.001	0.001	0.10	0.003	0.0022	0.0088	0.0012	339	本発明例
B	0.51	0.35	0.50	0.007	0.017	0.01	0.02	0.03	0.001	0.001	0.001	0.080	0.002	0.0050	0.0034	0.0018	355	本発明例
C	0.49	0.03	0.91	0.009	0.022	0.01	0.02	0.04	0.001	0.001	0.001	0.060	0.022	0.0022	0.0040	0.0012	351	本発明例
D	0.48	0.16	0.60	0.008	0.014	0.01	0.02	0.03	0.10	0.001	0.001	0.065	0.045	0.0015	0.0068	0.0011	363	本発明例
E	0.53	0.08	0.43	0.009	0.015	0.02	0.01	0.06	0.70	0.001	0.001	0.096	0.002	0.0009	0.0056	0.0014	346	本発明例
F	0.45	0.02	2.06	0.007	0.050	0.01	0.01	0.03	0.15	0.001	0.001	0.12	0.002	0.0026	0.0210	0.0009	326	本発明例
G	0.51	0.02	0.46	0.004	0.018	0.01	0.02	0.71	0.001	0.001	0.001	0.085	0.002	0.0009	0.0052	0.0012	343	本発明例
H	0.49	0.08	0.43	0.006	0.012	0.52	0.80	0.04	0.001	0.001	0.001	0.079	0.025	0.0022	0.0087	0.0012	348	本発明例
I	0.63	0.02	0.42	0.009	0.014	0.02	0.01	0.01	0.001	0.001	0.050	0.20	0.025	0.0030	0.0250	0.0011	326	本発明例
J	0.49	0.03	1.10	0.011	0.013	0.03	0.02	0.01	0.001	0.02	0.33	0.082	0.018	0.0020	0.0069	0.0009	348	本発明例
K	0.49	0.12	0.25	0.009	0.021	0.02	0.02	0.03	0.12	0.001	0.001	0.060	0.020	0.0021	0.0040	0.0012	371	本発明例
L	0.47	0.81	1.31	0.009	0.020	0.01	0.01	0.01	0.12	0.001	0.001	0.036	0.023	0.0026	0.0036	0.0014	335	比較例
M	0.53	0.50	1.05	0.012	0.020	0.01	0.02	0.01	0.23	0.001	0.001	0.026	0.020	0.0023	0.0085	0.0013	327	比較例
N	0.41	0.38	1.28	0.014	0.015	0.01	0.01	0.01	0.12	0.001	0.001	0.032	0.023	0.0022	0.0060	0.0012	360	比較例
O	0.81	0.50	0.80	0.015	0.096	0.01	0.02	0.02	0.001	0.001	0.001	0.060	0.001	0.0015	0.0013	0.0008	249	比較例
P	0.63	0.25	3.10	0.011	0.013	0.01	0.01	0.02	0.001	0.001	0.001	0.087	0.001	0.0015	0.0024	0.0032	233	比較例
Q	0.73	0.04	0.20	0.032	0.023	0.02	0.01	0.01	0.001	0.001	0.001	0.094	0.001	0.0018	0.0055	0.0010	300	比較例
R	0.52	0.25	1.12	0.009	0.014	0.01	0.01	0.02	0.001	0.001	0.001	0.055	0.092	0.0030	0.0066	0.0013	333	比較例

【0032】

【表2】

試験 No	鋼 No	焼入れ 深さ mm	焼戻し処理		ねじり 強度 MPa	ねじり 疲労強度 * MPa	焼割れ発 生個数	備考
			温度 ℃	時間 min				
1	A	5	175	30	2150	722	12	本発明例
2		4	175	30	2010	689	9	本発明例
3	B	5	175	30	2100	682	10	本発明例
4	C	5	175	30	2080	680	8	本発明例
5	D	5	175	30	2110	683	10	本発明例
6	E	5	175	30	2160	725	12	本発明例
7	F	5	175	30	2045	710	12	本発明例
8	G	5	175	30	2140	698	11	本発明例
9	H	5	175	30	2105	695	10	本発明例
10	I	5	175	30	2230	795	14	本発明例
11	J	5	175	15	2100	690	11	本発明例
12	K	5	175	30	2130	691	9	本発明例
13	I	5	160	30	1950	670	14	比較例
14		5	175	5	1920	659	14	比較例
15	L	5	175	30	2050	665	28	比較例
16		4	175	30	1905	632	26	比較例
17	M	5	175	30	2135	650	32	比較例
18	N	5	175	30	1760	595	25	比較例
19	O	5	175	30	1800	604	75	比較例
20	P	5	175	30	2055	590	94	比較例
21	Q	5	175	30	1850	598	56	比較例
22	R	5	175	30	2090	590	12	比較例

\* : 寿命が  $1 \times 10^5$  となる応力

【0033】表2から、本発明例（試験No.1～No.12）はいずれも、本発明の範囲を外れる比較例に比べ、耐焼割れ性、ねじり強度およびねじり疲労強度に優れていることがわかる。これに対し、焼戻し条件が本発明の範囲を外れる比較例の試験No.13、No.14は、ねじり強度およびねじり疲労強度が低下している。

【0034】また、Al、Si含有量が本発明の範囲を外れる比較例の試験No.15、No.16は、耐焼割れ性、ねじり強度およびねじり疲労強度が低下している。試験No.16は試験No.15にくらべ、焼入れ深さが4mmと浅く、焼割れに対して有利となる方向であるが化学組成が本発明の範囲から大きく外れているため、試験No.15より焼割れ個数は減少しているが本発明例に比べ耐焼割れ性が劣化している。

【0035】また、Al、Si含有量が本発明の範囲を外れる比較例の試験No.17は、耐焼割れ性、ねじり強度およびねじり疲労強度が低下している。また、C、Al含有量が本発明の範囲を外れる比較例の試験No.18は、耐焼割れ性、ねじり強度およびねじり疲労強度が低下している。また、C、S、N含有量が本発明の範囲を外れる比

較例の試験No.19は、耐焼割れ性、ねじり強度およびねじり疲労強度が低下している。とくに、Ms値が315未満であるため、耐焼割れ性の劣化が著しい。

【0036】また、O、Mn含有量が本発明の範囲を外れる比較例の試験No.20は、耐焼割れ性、ねじり強度およびねじり疲労強度が低下している。とくに、Ms値が315未満であるため、耐焼割れ性の劣化が著しい。また、C、P含有量が本発明の範囲を外れる比較例の試験No.21は、耐焼割れ性、ねじり強度およびねじり疲労強度が低下している。とくに、Ms値が315未満であるため、耐焼割れ性の劣化が著しい。

【0037】また、Ti含有量が多く本発明の範囲を外れる比較例の試験No.22は、ねじり疲労強度が低下している。本発明の範囲内の機械構造用鋼は、高周波焼入れ後の耐焼割れ性、高周波焼入れ焼戻し後のねじり強度、ねじり疲労強度が優れた鋼材であることがわかる。

【0038】

【発明の効果】本発明によれば、高周波焼入れ焼戻し後のねじり強度、ねじり疲労強度および耐焼割れ性に優れた機械構造用鋼を容易に製造でき、産業上格別の効果を



奏する。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**